

内腔电泳不良的原因分析与改善

孙颖, 邓袁元, 曹祖军, 张友粮
(中车时代电动汽车股份有限公司, 湖南 株洲 412007)

摘要: 针对整车电泳膜厚在电泳倒槽清洗后突然上升, 但部分底盘骨架内腔却无电泳漆膜的问题, 通过提高电泳电压及时间等临时手段, 骨架内腔的膜厚依然不能达到工艺质量的要求。经检测电泳槽液的泳透力后, 确定车身外表电泳膜厚上升是因泳透力低导致。通过添加泳透力提升助剂、调整电泳槽液参数的实际管控点等方法, 电泳槽液泳透力恢复正常, 底盘骨架内腔膜厚达到工艺质量的要求。

关键词: 电泳槽液; 膜厚; 泳透力; 电泳助剂

中图分类号: TQ639 文献标志码: B 文章编号: 1007-9548(2024)11-0057-03

Analysis of the Causes and Improvement for Poor Electrophoresis of Inner Cavity

SUN Ying, DENG Yuan-yuan, CAO Zu-jun, ZHANG You-liang
(CRRC Times Electric Vehicle Co., Ltd., Zhuzhou 412007, Hunan, China)

Abstract: Aiming at the problem that the electrophoretic film thickness of the whole vehicle suddenly increased after cleaning the electrophoretic bath, and even there was no electrophoretic film in part of the inner cavity of the chassis frame, the electrophoretic film thickness of the inner cavity of the frame still can not meet the requirements of process quality by improving the electrophoretic voltage and time, etc. After detecting the throwing power of the electrophoretic solution, it was confirmed that the increase of the electrophoretic film thickness was caused by the low throwing power. By adding electrophoretic assistant to improve the throwing power, adjusting the actual control value of electrophoretic solution parameters, etc., the throwing power of electrophoretic solution was restored to the normal level. At the same time, the electrophoretic film thickness in the inner cavity of chassis frame meets the requirements of process quality.

Key words: electrophoretic solution; film thickness; throwing power; electrophoretic assistant

0 引言

阴极电泳涂料始创于 20 世纪 70 年代, 由于其具有优异的防腐蚀性能、涂料利用率高等优点, 非常适合流水线生产, 因而几乎所有新建的汽车主机厂均使用阴极电泳涂料^[1]。随着环保要求的不断提高, 因表调磷化前处理工艺含有重金属离子、废水废渣难处理等问题, 导致其逐渐被环保型的薄膜型前处理工艺所取代,

如硅烷-铅盐复合膜技术。由于硅烷膜的电阻比磷化膜的电阻小, 为保证内腔的电泳膜厚, 需要配套高泳透力的电泳漆, 以确保内腔的耐腐蚀性能。

高泳透力电泳漆在内腔结构上膜方面虽然具有非常大的优势, 但在生产过程中易受施工参数、槽液参数、前处理工艺及转化膜特性^[2]等因素的影响, 出现因电泳槽液泳透力下降、导致内腔电泳膜厚不够的问题。本文以中车时代电动汽车某涂装车间的生产新线为例, 分享骨架内腔电泳膜厚下降的改善经验。

1 现状

常德中车电泳线为新建的生产线, 经过大半年的生产后, 电泳槽在 7 月份进行倒槽清洗处理。通过测量

收稿日期: 2023-08-24

作者简介: 孙颖(1985—), 男, 本科, 助理工程师, 主要从事汽车涂装工艺技术与现场质量改善等工作。E-mail: sunying1happy@163.com。

倒槽后生产的第一批车身的电泳膜厚,发现整车外表面的电泳膜厚较之前有明显上升,尤其是前围膜厚,见表1。随即安排制件车间制作模拟骨架结构的钢管件(长度750 mm,错开孔,孔间距250 mm)进行内腔电泳效果检测,结果发现钢管件内腔电泳膜厚非常薄,局部甚至没有电泳漆,已经出现了锈蚀(见图1)。

表1 整车电泳的平均膜厚

部位	倒槽前/ μm	倒槽后/ μm	差异/ μm	
外表面	前围板	30	43	13
	左侧大板	26	34	8
	右侧大板	26	34	8
内表面	后围板	19	28	9
	左侧大板	22	31	9
	右侧大板	23	32	9
	底盘骨架前	12	22	10
	底盘骨架中	10	18	8
底盘骨架后	12	19	7	

注:每个部位的膜厚数据为5~8个测量点的平均值。

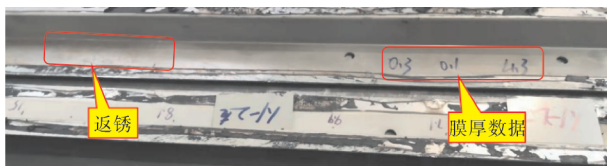


图1 内腔电泳效果

2 膜厚异常根源排查

2.1 原因推测

由于在电泳倒槽期间,相关电泳设备及电泳的施工参数如电压、时间等未进行任何调整,因此排除设备及施工参数变化的因素。根据整车外表电泳膜厚数据上升情况,初步推测是电泳槽液的工艺参数在电泳倒槽后存在波动导致。同时根据骨架内腔存在严重电泳不良的现象及个人经验判断,电泳槽液的泳透力可能存在不满足工艺要求的问题。

2.2 工艺参数排查

发现整车外表电泳膜厚数据上升后,立即查看当天的电泳槽液参数化验记录,发现均在工艺要求范围内(见表2),因此排除外表电泳膜厚上升是因倒槽后槽液工艺参数波动导致。

2.3 泳透力检测

取现场电泳槽液用四枚盒法进行泳透力检测(电压300 V,时间180 s),结果测得A面的平均电泳膜厚23.4 μm ,C面的平均膜厚8.8 μm ,电泳槽液的泳透力仅36%,严重低于电泳漆技术协议中50%以上的要求,由此确定电泳槽液泳透力低是导致内腔膜厚下降

的主要原因。

表2 电泳工艺参数

项目	工艺范围	检查结果	是否符合
固体分/%	18~22	18.5	是
颜基比/%	0.18~0.24	0.24	是
pH	5.4~6.0	5.47	是
电导率/ $(\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1})$	1 000~1 800	1 240	是

2.4 泳透力下降原因分析

电泳槽与UF1、UF2槽通过超滤液形成一个大循环,导致电泳助剂分散在3个槽体中。通过对倒槽后的电泳槽液进行参数检测,发现提升电泳槽液电导率和湿膜电阻的助剂含量低于工艺范围的下限,而另外一种高沸点大分子量助剂(少量参与成膜但不分散至UF槽)含量偏高,且电泳槽液的颜基比偏高。

结合电泳槽刚刚完成倒槽清洗,损失的电泳槽液和超滤液较多,且UF1、UF2槽补充了大量纯水。当初计算需要补充的助剂量只考虑了电泳槽的损失量,未考虑超滤液的损失,导致最终电泳槽液中提升湿膜电阻的助剂含量偏低。结合在化验室对电泳槽液做模拟改善泳透力试验,当泳透力提升助剂添加到样品槽液质量的2%后,样品槽液的泳透力恢复至技术协议要求的50%以上,由此确定电泳槽液泳透力低主要是倒槽后提升湿膜电阻的助剂含量未补充到位导致。

3 膜厚改善及工艺管理

3.1 临时措施之工艺参数调整

当底盘骨架内腔电泳膜厚偏薄时,虽然可以在骨架内腔中喷涂一层防腐腊,以达到一定的内腔保护效果,但客车骨架数量太多且复杂,严重增加了人工工时成本和物料消耗成本,故还是优先考虑如何改善腔体内部电泳膜厚不够的问题。

内腔电泳膜厚不够,传统电泳涂料可通过提高电泳电压、延长电泳时间、提高固体分的方式应对。虽然可以一定程度上改善内腔电泳不良的问题,但也会因此导致车身外表面的电泳膜厚偏厚,外表防腐性能过剩以及固化能耗增加的现象^[9]。考虑到车间的生产仍在继续进行,为保证整车的防腐性能,决定临时调整部分工艺参数,见表3。

表3 工艺参数调整对比

项目	调整前	调整后	差异
固体分/%	18.5	20.5	2
一段电压/V	160	200	40
二段电压/V	280	320	40
二段电泳时间/s	230	280	50

参数调整后,通过模拟骨架结构的钢管件进行验证,发现内腔电泳膜厚有改善,但仍不满足工艺质量要求的膜厚值。

3.2 永久措施之泳透力提升

提高阴极电泳涂料本身的泳透力通常可以从提升电泳漆膜电阻和适当提高槽液电导率两个方面考虑^[4]。添加泳透力提升助剂约 6.8 t 后,测量电泳槽液的电导率由之前的 1 240 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 升高至 1 580 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH 由 5.53 上升至 5.74。再次用四枚盒法进行泳透力测试,结果测得 A 面的平均电泳膜厚 29.2 μm , G 面的平均膜厚 17.7 μm ,电泳槽液的泳透力约 60.6%,满足电泳漆技术协议的要求。

此外,高沸点大分子量的助剂(不随超滤液分散至 UF 槽)含量偏高,易让漆膜产生结块,出现针孔、附着差等质量问题。如果成膜助剂含量太高,会导致涂装电压低,外表膜厚太厚,槽液泳透力下降^[4]。为此,在后续生产过程中暂停向电泳槽中补加含此高沸点大分子量的助剂,直至电泳槽液中的该助剂消耗至工艺下限后再添加,且将该高沸点助剂含量也控制在工艺下限。

3.3 实际控制点调整

取样送回上海的化验室,采用四枚盒法进行不同 pH、电导率、固体分、颜基比、溶剂含量等组合参数下的测试,根据测试结果决定对现场电泳槽液参数的工艺范围基本不做变更,但优化调整工艺参数的实际管控值,具体见表 4。

表 4 工艺参数调整对比

项目	工艺范围	调整前实际 管控值	调整后实际 管控值	差异
固体分/%	18~22	18~19	19~20	1
颜基比	0.18~0.24	0.22~0.24	0.18~0.20	0.04
pH	5.4~6.0	5.4~5.5	5.6~5.7	0.2
电导率/ $(\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1})$	1 000~1 800	1 200~1 300	1 400~1 500	200
溶剂含量(EB)/%	0.4~1.5	0.8~1.0	0.4~0.6	0.4
溶剂含量(HG)/%	0.15~0.35	0.15~0.25	0.25~0.35	0.1

3.4 内腔电泳效果验证

为检测骨架内腔的实际电泳效果,在现场电泳槽液的工艺参数实际管控点调整到位,并经过一个星期的大循环后,再次使用模拟骨架结构的钢管件(长度 750 mm,错开孔,孔间距 250 mm)进行内腔电泳效果检测,结果测得模拟件内腔膜厚在 8~10 μm ,符合工艺质量要求。

3.5 工艺管理要点

为了维护电泳槽液的稳定性和保证内腔电泳漆膜的质量,除了每天化验电泳槽液外,还需要对以下 3 个

方面进行管控。

3.5.1 泳透力监控

电泳槽液的泳透力主要受施工条件和涂料本身两方面因素影响^[5],比如一、二段电压及时间、槽液电导率、助剂含量等。对于刚投槽或是刚刚完成倒槽清洗的电泳线,电泳槽液的工艺参数不稳定,泳透力必须得到及时监控。第一个月可以每周做一次泳透力检测,待槽液工艺参数和泳透力数据稳定后,可以放宽至 1 个月检测 1 次或 1 个季度检测 1 次。每周在骨架钢管内采用插钢条的方式,可以检验内腔是否有电泳漆膜,但不能准确反馈内腔膜厚数据。当钢条的电泳效果不理想时,应立即使用模拟骨架结构的钢管件进行内腔电泳效果检测和膜厚测量,并检测槽液的泳透力以便及时调整。

3.5.2 骨架工艺孔管控

客车车身骨架以方形钢管为主,因其腔盒式结构特征,每根方形钢管都相当于是一个封闭的金属导体,对内部电场有一定的电磁屏蔽作用,影响内腔上膜的效果。为保证骨架内腔的防腐性能,除关注电泳漆的泳透力外,还要特别关注骨架工艺孔设置是否满足排气、排液和防电磁屏蔽等^[6]。即使泳透力很高的电泳漆,如果是工艺孔开孔位置不对,或是数量不足,或是在焊接过程中堵塞了工艺孔,也会影响方形钢管内腔的上膜效果。

来料管材上一般都已按照电泳工艺孔开设规范进行开孔,制件时只需在每根骨架的两端开设马蹄形孔即可。在骨架焊接过程中,焊装车间需要重点管控工艺孔不被焊接堵塞。此外,用于骨架型材端头封口的小封板,要求其中心位置开设 $\varphi 8$ mm 以上的圆孔,避免焊接后与骨架型材形成空腔结构。

3.5.3 超滤液管控

电泳槽和 UF 洗槽之间通过超滤液形成一个大的循环,导致电泳助剂分散在 3 个槽体中。在传统电泳槽液的 pH 管控手段中,为防止 pH 的下降,可以通过每天排放一定量的超滤液进行缓解^[7]。对于高泳透力电泳漆,其助剂含量比例较于传统电泳漆低,且助剂含量对电泳槽液泳透力的影响非常大。常德中车电泳槽和 UF 洗槽的总吨位近 1 000 t,排放数十 t 超滤液对电泳槽液 pH 的影响几乎可以忽略不计,故在生产过程中,为防止电泳助剂的损失,严禁排放超滤液。

4 结语

随着薄膜前处理工艺的广泛应用,对与之配套的电泳涂料的泳透力性能要求也越来越高。由于高泳透性能的电泳涂料不仅能保证内腔膜厚品质,还能降低外板膜厚和施工能耗,故对电泳漆的(下转第 62 页)